

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-241115

(43)Date of publication of application : 21.09.1993

(51)Int.Cl.

G02F 1/035

(21)Application number : 04-041460

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 27.02.1992

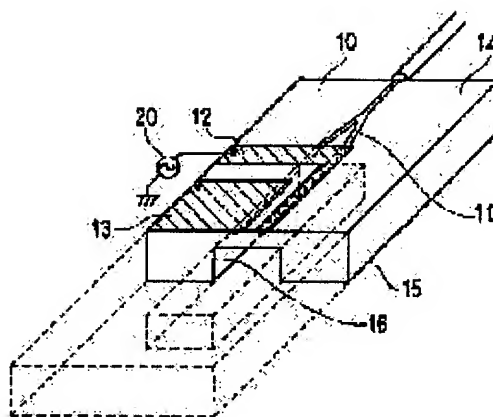
(72)Inventor : TOYOHARA ATSUSHI  
IZEKI YUJI

## (54) WAVEGUIDE TYPE OPTICAL DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enable wide-band modulation by simple constitution by forming a groove in the opposite surface of a waveguide substrate from its electrode formed surface along an electrode.

CONSTITUTION: A waveguide 11 is formed on the waveguide substrate 10 and a couple of electrodes 12 and 13 for applying an electric field to the waveguide 11 are formed on the waveguide 11. A lithium niobate substrate which has relatively high electrooptic effect among ferroelectric materials is employed as the waveguide substrate 10. In the opposite surface 15 of the waveguide substrate 10 from the electrode formed surface 14, one groove 15 is formed locally. The modulation band of a Mach-Zehnder type optical modulator which has the groove 16 formed at a part of the waveguide substrate 10 is measured and thin piece formation is performed by using constitution whose modulation band is 6GHz when the thickness (t) of the waveguide substrate is 0.8mm to obtain a 20GHz modulation band when the thickness (t) is 0.3mm, thereby greatly widening the modulation band.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.02.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.06.1998

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The waveguide form light device characterized by providing the waveguide substrate which a waveguide is formed near the front face and has the electro-optical effect, and at least one slot which makes electric field impress to the aforementioned waveguide, and which was formed in the electrode of a couple, and the rear face of the aforementioned waveguide substrate along with the electrode at least.

[Claim 2] A waveguide substrate is a waveguide form light device according to claim 1 which is produced by the lithium-niobate substrate and characterized by the bird clapper.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] With respect to a waveguide form light device, especially this invention is adopted as a wide band waveguide type optical modulator, and relates to a suitable waveguide form light device.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally, as a physical development which makes light cause change, there are the electro-optical effect, the magneto-optical effect, an acousto optic effect, etc. Among these, the electro-optical effect is the phenomenon of changing the refractive index or dielectric constant of a medium by change of electric field.

[0003] The electrode for the portion with a refractive index high as an optical waveguide being formed into the substrate, and the waveguide form light device using the substrate which has the electro-optical effect impressing voltage the upper part or near this waveguide is formed. And by impressing electric field to this electrode and changing the refractive index, the phase and intensity of light can be modulated or an optical path can be switched now.

[0004] Generally the lithium-niobate substrate which shows the comparatively high electro-optical effect in ferroelectric material is used for the substrate. After forming a titanium film to a substrate and carrying out patterning to a desired waveguide pattern, thermal diffusion of the waveguide form light device using this lithium niobate is carried out at the elevated temperature before and behind 1000 degreeC for several hours, it forms a waveguide, forms a diacid-ized silicon buffer layer in this upper part, and is produced by forming an electrode in the upper part by the metal membrane further. Such a waveguide form light device can integrate the function which modulates light on a substrate, and the function to perform a switch of an optical path. Moreover, development is furthered as a switch for an optical-path switch in the external modulator and OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) of the for eye a high-speed hatchet and for mass optical communication in the above-mentioned function.

[0005] Drawing 4 is a Mach TSUENDA type optical modulator to which research and development is widely done from the former, and examination is advanced for utilization. Structure and the principle of operation are briefly explained using this view. The waveguide substrate 1 consists of a lithium-niobate substrate, and the Mach TSUENDA type light interference machine which consists of two parallel waveguides, two tees and a center, 2 is formed in this waveguide substrate 1. The electrode 4 and electrode 5 of a metal layer which consist of chromium and gold are formed in the upper part of the waveguide 2 of two parallel portions through the diacid-ized silicon buffer layer 3 (refer to drawing 5) formed by the whole front face of the waveguide substrate 1. The input-side optical fiber 6 and the output side optical fiber 7 are optically combined with the ends side of the waveguide substrate 1 which has this waveguide 2 and electrode 4, and electrode 5, respectively. Furthermore, the outgoing end of the drive circuit 8 for impressing voltage to electrodes 4 and 5 and inputting a signal is connected.

[0006] If voltage is now impressed to electrodes 4 and 5 from the exterior, as shown in drawing 6, lengthwise electric field (it expresses as Arrow A) will occur in the waveguide 2 formed into the waveguide substrate 1, and the refractive index of a waveguide 2 will change with the electro-optical effects which a lithium niobate has. A sign 9 shows line of electric force.

[0007] The relation of the voltage and the optical output which were impressed is shown in drawing 7. In the state where voltage is not impressed, light once branches to electrodes 4 and 5, and joins them again. When the structure of two arms in a Mach TSUENDA type light interference machine is equal, in order that there may be no phase contrast between two branched light, except for propagation loss or branching loss, light is again outputted from the output side optical fiber 7. However, the phases of the light which branched when applied voltage was made to increase differ mutually, and phase contrast is set to pi in a certain voltage. When such two branching light joins again, the output of light is no longer observed by interference. Thus, a Mach TSUENDA type optical modulator modulates light by the existence of voltage impression. Since this optical modulator has the very high modulation band (more than dozens GH

(s)2), the present research is briskly advanced for realization of mass transmission.

[0008] There is a modulation band as one of the indexes showing the performance of an optical modulator. As an element which restricts wide band-ization of this modulation band, (1) microwave resonates with a waveguide substrate and the size of loss of generating, (2) microwave, and the microwave that spreads the inside of gap of the speed of advance of waveguide light and (3) electrodes etc. is mentioned in a DIP in a low frequency region (5-10GHz). The way the cure about the three above-mentioned problems flake-izes the configuration of (i) and a lithium-niobate substrate, respectively (For example, "RF property improvement of Ti:LiNbO<sub>3</sub> modulator":Seino others) The method which will cover the \*\*\*\*\* size C227, (ii), and the electrode upper part by the screening electrode in 1990 (For example, the design of shielded type rate adaptation Ti:LiNbO<sub>3</sub> optical modulator, and "trial production":Kono others) \*\*\*\*\* paper magazine 1991 / 11Vol.J74-C NO.11, It is reported by the method (for example, M.Seino et al, :Technical Digest of ECOC 1990, p999-1002) of thickening thickness of the electrode currently formed on (iii) and the substrate.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there were the respectively following problems in three methods mentioned above. That is, about (i), production was not easy because of flake-izing, and there was a problem also on handling. Moreover, about (ii), composition is complicated and there was a stability top upper limit on production about thick-film-ization of an electrode [ further / (iii) ].

[0010] The purpose of this invention was made in view of the problem mentioned above, and is to offer the waveguide form light device which can realize the optical modulator of a wide band easily.

[0011]

[Means for Solving the Problem] Invention according to claim 1 consists of a waveguide substrate which a waveguide is formed near the front face and has the electro-optical effect, and at least one slot which makes electric field impress to a waveguide and which was formed in the electrode of a couple, and the rear face of a waveguide substrate along with the electrode at least.

[0012] Invention according to claim 2 is characterized by for a waveguide substrate being produced by the lithium-niobate substrate and changing.

[0013]

[Function] Since according to this invention the slot was formed so that the opposite side of the electrode forming face of a waveguide substrate which has the electro-optical effect might be met at an electrode, the wide band modulation was easily attained with easy composition. Moreover, only thickness of the substrate near the electrode lower part is made thin, and since the substrate of other portions is thick, production of a waveguide substrate and handling of it become easy.

[0014]

[Example] Next, this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 1 is the perspective diagram of the Mach TSUENDA type optical modulator which is one example of the waveguide form light device concerning this invention. The waveguide 11 is formed on the waveguide substrate 10, and the electrodes 12 and 13 of the couple which makes a waveguide 11 impress electric field to the upper part of this waveguide 11 are formed. In addition, the lithium-niobate substrate which shows the comparatively high electro-optical effect in ferroelectric material is adopted as the waveguide substrate 10.

[0015] Along with electrodes 12 and 13, one slot 16 is locally formed in the opposite side 15 of the electrode forming face 14 of the waveguide substrate 10. In addition, as one method of forming a slot 16 locally, as shown in drawing 2, the mask 18 which has the etching pattern of a configuration request flake-ized in the middle of the optical path of a laser beam 17 and a similar pattern is arranged using an excimer laser finishing machine. And reduction projection of the laser beam which passed this mask 18 is carried out on the waveguide substrate 10 with a condenser lens 19, and ablation etching is performed (for example, refer to "laser processing" pp.506-511 and Nikkei Technical Books). The slot 16 of arbitrary configurations can be formed in the waveguide substrate 10 by such method. In addition, the outgoing end of the drive circuit 20 is connected to electrodes 12 and 13.

[0016] The composition and the method of construction which were mentioned above enabled it to make thin thickness of the waveguide substrate [ directly under ] 10 of electrodes 12 and 13 0.3mm from 0.8 conventionalmm. Moreover, the width-of-face size of the waveguide substrate 10 is 5mm, and the width-of-face size of a slot 16 has become 2mm.

[0017] Thus, the modulation band of the Mach TSUENDA type optical modulator which formed the slot 16 in a part of waveguide substrate 10 was measured, and when thickness  $t$  of a waveguide substrate was 0.8mm, flake-ization was performed using the composition in which a modulation band serves as 6GHz(s), and  $t$  was 0.3mm, the modulation band was set to 20GHz(s) and has realized large wide band-ization of a modulation band.

[0018] The example of change of the modulation band when carrying out adjustable [ of the thickness of the

waveguide substrate 10 ] to drawing 3 is shown. It turns out that a modulation band spreads from making thickness of the waveguide substrate 10 thin so that clearly from drawing 3 .

[0019] In addition, although ablation etching by the excimer laser is adopted as the formation technique of a slot 16 in this example, it is not independently limited to this and the formation method of a mechanical slot of having used the dicing saw etc. can also be applied.

[0020]

[Effect of the Invention] By having formed the slot so that an electrode might be met in the opposite side of the electrode forming face of a waveguide substrate according to the waveguide form light device concerning this invention, as explained above, the wide band modulation was attained with easy composition, and, moreover, handling also became easy. In addition, since a complicated manufacture process was not needed, productivity also improved by leaps and bounds.

---

[Translation done.]

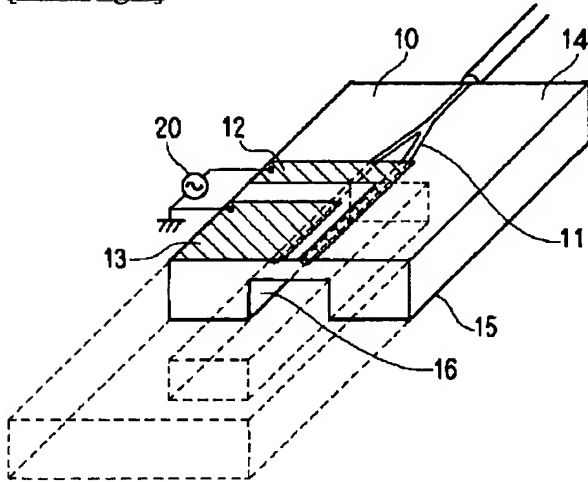
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

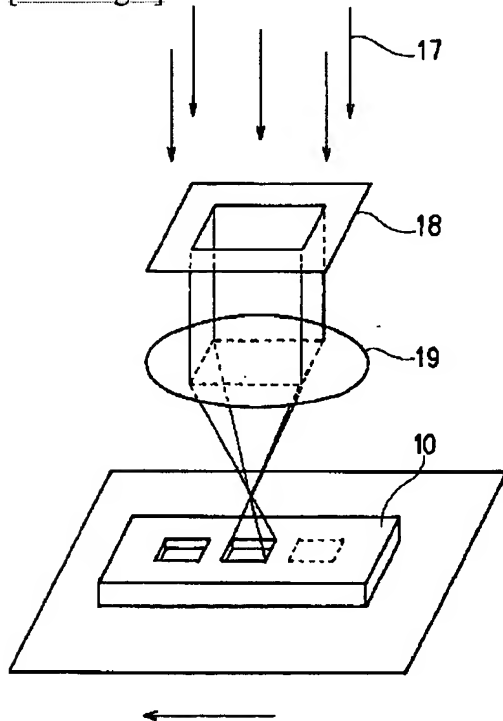
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

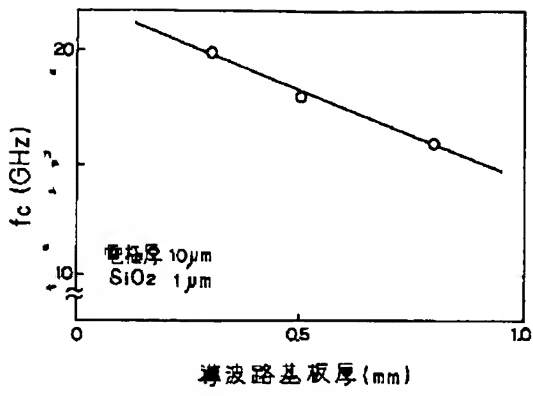
[Drawing 1]



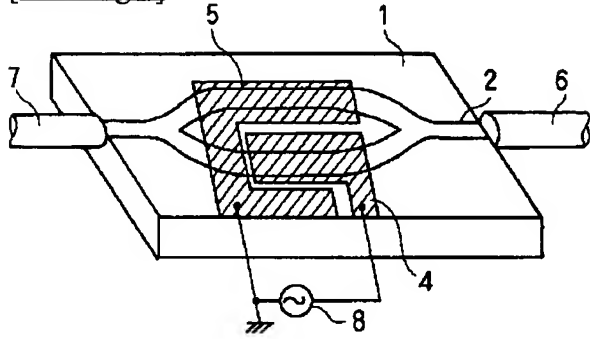
[Drawing 2]



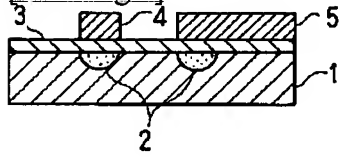
[Drawing 3]



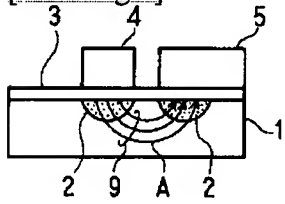
[Drawing 4]



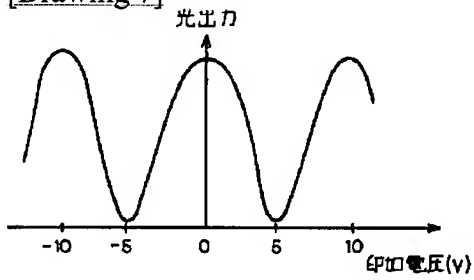
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-241115

(43) 公開日 平成5年(1993)9月21日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>

G02F 1/035

識別記号

F I

審査請求 未請求 請求項の数2 (全4頁)

(21) 出願番号 特願平4-41460

(22) 出願日 平成4年(1992)2月27日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 豊原 篤志

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 伊関 雄二

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

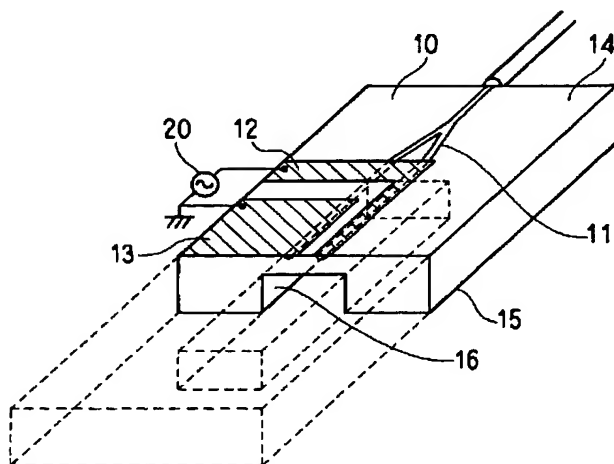
(74) 代理人 弁理士 山内 梅雄

(54) 【発明の名称】 導波路形光デバイス

(57) 【要約】

【目的】 広帯域の光変調器を容易に実現する。

【構成】 導波路基板10上には導波路11が形成されており、この導波路11の上部に一对の電極12、13が形成されている。導波路基板10の電極形成面14の反対面15には電極12、13に沿って局部的に1本の溝16が形成されている。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面近傍に導波路が形成されかつ電気光学効果を有する導波路基板と、

前記導波路に電界を印加させる少なくとも一対の電極と、前記導波路基板の裏面に電極に沿って形成された少なくとも1本の溝とを具備することを特徴とする導波路形光デバイス。

【請求項2】 導波路基板はニオブ酸リチウム基板により作製されてなることを特徴とする請求項1記載の導波路形光デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、導波路形光デバイスに係わり、特に広帯域導波路形光変調器として採用して好適な導波路形光デバイスに関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、光に変化を起こさせる物理現象としては、電気光学効果、磁気光学効果、音響光学効果等がある。このうち電気光学効果とは電界の変化によって媒体の屈折率あるいは誘電率を変化させる現象である。

【0003】電気光学効果を有する基板を用いた導波路形光デバイスは、基板中に、光導波路として屈折率の高い部分が形成されており、この導波路の上部または近傍に電圧を印加するための電極が形成されている。そして、この電極に電界を印加してその屈折率を変化させることにより、光の位相や強度を変調したり、あるいは光路を切り換えたりすることができるようになっている。

【0004】基板には強誘電体材料の中で比較的高い電気光学効果を示すニオブ酸リチウム基板が一般的に用いられている。このニオブ酸リチウムを用いた導波路形光デバイスは、基板にチタン膜を成膜し、所望の導波路パターンにパターニングした後、1000°C前後の高温で数時間熱拡散して導波路を形成し、この上部に二酸化シリコンパツファ層を成膜し、さらにその上部に金属膜により電極を形成することにより作製されている。このような導波路形光デバイスは、基板上に光を変調する機能や光路の切り換えを行う機能を集積化することが可能である。また、上記の機能は高速なため、大容量光通信用の外部変調器やOTDR (Optical Time Domain Reflectometer) における光路切り換え用スイッチとして開発が進められている。

【0005】図4は従来から広く研究・開発され、実用化のため検討が進められているマッハツェンダ型光変調器である。本図を用いて簡単に構造と動作原理を説明する。導波路基板1はニオブ酸リチウム基板から成り、この導波路基板1には2箇所の分岐部と中央の2本の平行な導波路2から成るマッハツェンダ型光干渉器が形成されている。導波路基板1の表面全体に成膜された二酸化シリコンパツファ層3 (図5参照) を介して、2本の平

行な部分の導波路2の上部にはクロム・金から成る金属層の電極4と電極5が形成されている。この導波路2および電極4と電極5を有する導波路基板1の両端面には、それぞれ入力側光ファイバ6と出力側光ファイバ7が光学的に結合されている。さらに、電極4、5には電圧を印加し信号を入力するための駆動回路8の出力端が接続されている。

【0006】今、電極4、5に外部から電圧を印加すると、図6に示すように導波路基板1中に形成された導波路2に縦方向の電界 (矢印Aで表示) が発生し、ニオブ酸リチウムのもつ電気光学効果により導波路2の屈折率が変化する。符号9は電気力線を示す。

【0007】印加した電圧と光出力の関係を図7に示す。電極4、5に電圧を印加しない状態では光は一旦分岐され、再び合流する。マッハツェンダ型光干渉器中の2つのアームの構造が等しい場合、分岐した2つの光の間には位相差が無いため伝搬損や分岐損を除き、再び光が出力側光ファイバ7から出力される。しかし、印加電圧を増加させると分岐した光の位相が互いに異なり、ある電圧において位相差が $\pi$ となる。このような2つの分岐光が再度合流した場合には干渉により光の出力が観測されなくなる。このように電圧印加の有無により光を変調するのがマッハツェンダ型光変調器である。本光変調器は変調帯域が非常に高いため (数十GHz以上)、大容量伝送の実現のため現在研究が盛んに進められている。

【0008】光変調器の性能を表わす指標の1つとして変調帯域がある。この変調帯域の広帯域化を制限する要素としては、(1) マイクロ波が導波路基板と共振し、低周波域 (5~10GHz) でディップを発生、(2) マイクロ波と導波光の進行速度のズレ、(3) 電極中を伝搬するマイクロ波の損失の大きさ、等が挙げられる。上記の3つの問題についての対策はそれぞれ(i)、ニオブ酸リチウム基板の形状を薄片化する方法 (例えば、「Ti:LiNbO<sub>3</sub> 変調器の高周波特性改善」：清野他、1990年信学会春全大C227)、(ii)、電極上部をシールド電極で覆う方法 (例えば、「シールド型速度整合Ti:LiNbO<sub>3</sub> 光変調器の設計と試作」：河野他、信学会論文誌1991年/11Vol. J74-C NO. 11)、(iii)、基板上に形成されている電極の厚さを厚くする方法 (例えば、M. Seino et al., : Technical Digest of ECOC 1990, p999-1002) により報告されている。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した3つの方法にはそれぞれ次のような問題があった。すなわち、(i) については薄片化のため、作製が容易でなく、かつ、取扱いの上でも問題があった。また、(ii) については構成が複雑になっており、さらに (iii) の電極の厚膜化については作製上、安定性上上限があっ

10

20

30

40

50

た。

【0010】本発明の目的は上述した問題に鑑みなされたもので、広帯域の光変調器を容易に実現することのできる導波路形光デバイスを提供するにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、表面近傍に導波路が形成されかつ電気光学効果を有する導波路基板と、導波路に電界を印加させる少なくとも一対の電極と、導波路基板の裏面に電極に沿って形成された少なくとも1本の溝とから構成されたものである。

【0012】請求項2記載の発明は、導波路基板が、ニオブ酸リチウム基板により作製されて成ることを特徴とする。

【0013】

【作用】本発明によれば、電気光学効果を有する導波路基板の電極形成面の反対面に電極に沿うように溝を形成したので、簡単な構成で広帯域変調が容易に可能になった。また、電極下部付近の基板の厚さのみを薄くし、そのほかの部分の基板は厚いため、導波路基板の作製および取扱いが容易となる。

【0014】

【実施例】次に、本発明について図面を参照して説明する。図1は本発明に係わる導波路形光デバイスの一実施例であるマッハツェンダ型光変調器の斜視図である。導波路基板10上には導波路11が形成されており、この導波路11の上部に、導波路11に電界を印加させる一対の電極12、13が形成されている。なお、導波路基板10には強誘電体材料の中で比較的高い電気光学効果を示すニオブ酸リチウム基板が採用されている。

【0015】導波路基板10の電極形成面14の反対面15には電極12、13に沿って局部的に1本の溝16が形成されている。なお、局部的に溝16を形成する1つの方法として、図2に示すように、エキシマレーザ加工機を用い、レーザ光17の光路途中に、薄片化する形状所望のエッチングパターンと相似のパターンを有するマスク18を配置する。そして、このマスク18を通過したレーザ光を集光レンズ19で導波路基板10上に縮小投影してアブレーションエッチングを行う（例えば、「レーザプロセッシング」p p. 506～511, 日経技術図書(株)参照)。このような方法により、導波路基板10に任意の形状の溝16を形成することができる。なお、電極12、13には駆動回路20の出力端が接続されている。

【0016】上述した構成および工法により、電極12、13の直下の導波路基板10の厚みを従来の0.8

mmから0.3mmへと薄くすることが可能となった。また、導波路基板10の幅寸法は5mmであり、溝16の幅寸法は2mmとなっている。

【0017】このように、導波路基板10の一部に溝16を形成したマッハツェンダ型光変調器の変調帯域を測定し、導波路基板の厚み $t$ が0.8mmのとき変調帯域が6GHzとなる構成を用いて薄片化を施すと、 $t$ が0.3mmのとき変調帯域は20GHzとなり、変調帯域の大幅な広帯域化が実現できた。

10 【0018】図3に導波路基板10の厚さを可変したときの変調帯域の変化例を示す。図3から明らかなように、導波路基板10の厚みを薄くすることより変調帯域が広がることがわかる。

【0019】なお、本実施例では溝16の形成手法としてエキシマレーザによるアブレーションエッチングを採用しているが、別にこれに限定されるものではなく、ダイシングソー等を利用した機械的な溝の形成方法も適用できる。

【0020】

20 【発明の効果】以上説明したように本発明に係わる導波路形光デバイスによれば、導波路基板の電極形成面の反対面に、電極に沿うように溝を形成したことにより、簡単な構成で広帯域変調が可能となり、しかも取扱いも容易になった。加えて、複雑な製造プロセスを必要としないため、生産性も飛躍的に向上した。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる導波路形光デバイスの一実施例であるマッハツェンダ型光変調器の斜視図である。

30 【図2】エキシマレーザによる溝の形成方法を示す説明図である。

【図3】導波路基板の厚みと変調帯域の関係を示す図である。

【図4】従来のマッハツェンダ型光変調器の一例を示す斜視図である。

【図5】従来のマッハツェンダ型光変調器の断面図である。

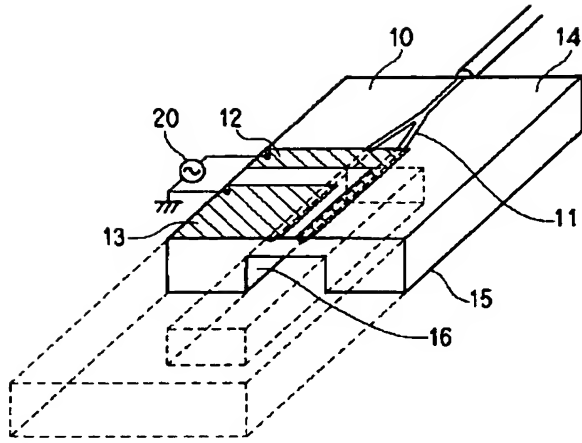
【図6】従来のマッハツェンダ型光変調器の電界分布図である。

【図7】印加電圧と光出力との関係を示す図である。

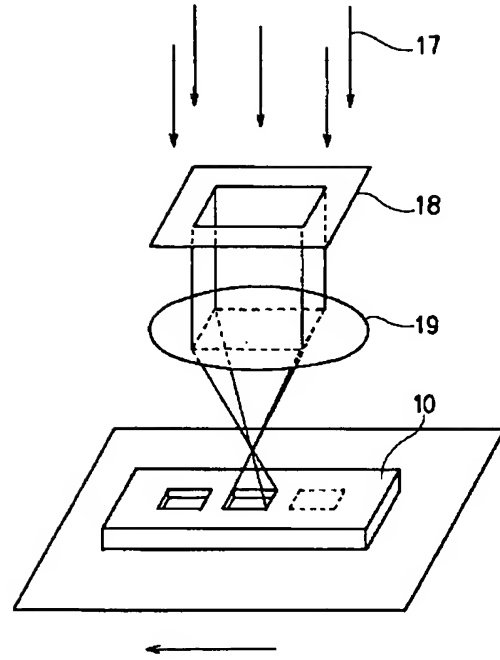
【符号の説明】

10 導波路基板  
11 導波路  
12、13 電極  
14 電極形成面  
16 溝

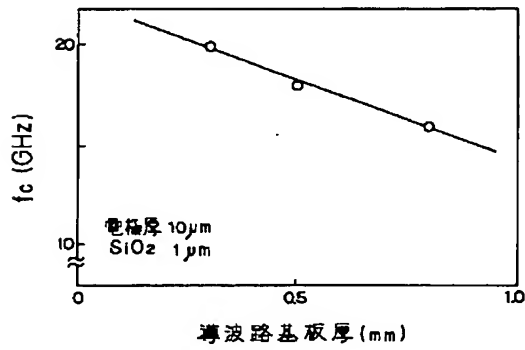
【図 1】



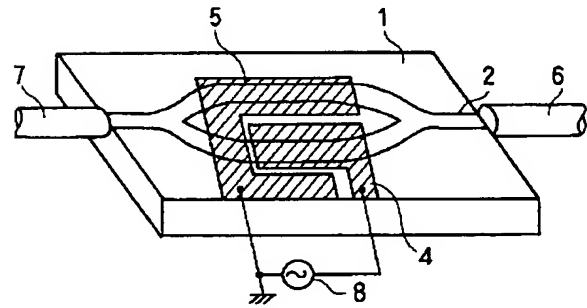
【図 2】



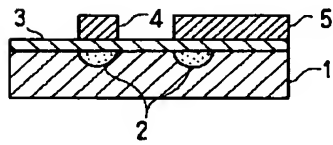
【図 3】



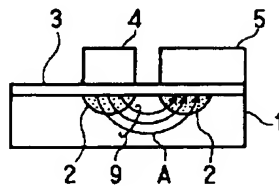
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

